

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-177238

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 5 K 3/46

H 0 5 K 3/46

H

C 0 4 B 35/64

C 0 4 B 35/64

K

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-338515

(22) 出願日

平成9年(1997)12月9日

(71) 出願人 391039896

株式会社住友金属エレクトロデバイス  
山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1

(72) 発明者 谷藤 望

山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1  
株式会社住友金属エレクトロデバイス内

(72) 発明者 足立 聡

山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1  
株式会社住友金属エレクトロデバイス内

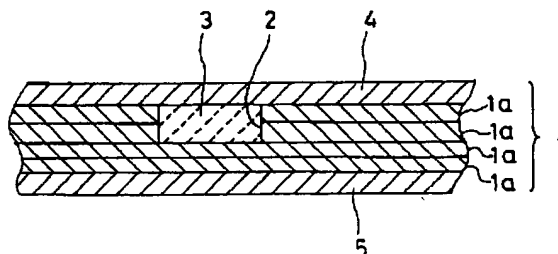
(74) 代理人 弁理士 服部 雅紀

(54) 【発明の名称】 ガラスセラミックス多層基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 キャビティ部周辺の変形を防ぎ、かつ製造工数を低減し、生産性を向上することができるガラスセラミックス多層基板の製造方法を提供する。

【解決手段】 ガラスセラミックスのグリーンシート積層体1のキャビティ部2の内部にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を主として含有するペーストを充填し乾燥させ充填層3を形成する工程と、グリーンシート積層体1の上下両面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を主として含有するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>グリーンシート4および5を配置する工程と、グリーンシート積層体1の上下両面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>グリーンシート4および5を配置した後、グリーンシート積層体1の上下面に圧力を負荷しながら焼成を行なう工程とを含んでいる。このため、キャビティ部2の内部に充填するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を含有するペーストの固形分比率をコントロールすることにより、焼成時にキャビティ部を含むガラスセラミックス積層体の全面において、均一な加圧力の負荷が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガラスセラミックスのグリーンシートを積層して低温焼成工程によって製造されるキャビティ部を有するガラスセラミックス多層基板を製造する方法であって、

前記ガラスセラミックスのグリーンシート積層体のキャビティ部内部に前記ガラスセラミックスよりも焼結温度の高い無機成分を主として含有するペーストを充填する工程と、

前記グリーンシート積層体の上下両面に前記ガラスセラミックスよりも焼結温度の高い無機成分を主として含有する成形体を配置する工程と、

前記グリーンシート積層体の上下両面に前記成形体を配置した後、前記グリーンシート積層体の上下面に圧力を負荷しながら焼成を行なう工程と、

を含むことを特徴とするガラスセラミックス多層基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガラスセラミック20ス多層基板の製造方法に関し、特にエレクトロニクス用セラミックパッケージおよび回路基板として用いられるガラスセラミックス多層基板の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置において、ICチップやLSIチップ等の半導体素子は、基板に設けられた半導体素子搭載部に実装されて実用に供されている。アルミナ等のセラミックスは耐熱性、耐久性、熱伝導性等に優れるため、この基板の材料として適しており、セラミック製の半導体基板は現在盛んに使用されている。30

【0003】しかしながら、アルミナ基板は、比誘電率が比較的大きいため伝送信号の遅延を生じさせ、また熱膨張係数がシリコンに比べて大きいと、部品を搭載したときの温度変化に対する信頼性を確保するのが困難であるという問題があった。さらに、アルミナの焼成温度は約1600℃と高いと、内層の配線として融点が高くかつ電気抵抗率の大きいWまたはMoを使用する必要があり、配線を微細にした場合、配線の電気抵抗値が大きくなるという問題があった。

【0004】このため、Ag、Cu等の低抵抗配線材料40と同時焼成を行うことができる低温焼成セラミック基板の開発が進められており、その中でも比誘電率が比較的小さいので伝送損失が小さく、かつ熱膨張率がシリコンに近いと、フリップチップ方式による搭載が可能なガラスを含有するガラスセラミック基板が注目されている。このガラスセラミック基板に用いられるガラス材料としては、ホウ珪酸系ガラス、MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系ガラス、CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系ガラス等が挙げられ、通常、これらのガラス粉末に骨材を添加した原料を用いてガラスセラミック基板が製造50

される。

【0005】また、このようなガラスセラミック基板は、基板サイズを縮小し、搭載ボードへの搭載密度を向上させ、さらに電気特性を向上させるため、一般に複数枚のガラスセラミックのグリーンシートを積層および焼成してガラスセラミック多層基板が製造される。さて、LSI等が高速になり、高密度になるにしたがい、セラミック基板に搭載されるLSI等とセラミック基板に形成された配線とのボンディング法は、従来のワイヤボンディング法からマルチチップ化や高密度な搭載に適したTAB (Tape Automated Bonding) 方式またはフリップチップ方式が採用されるようになってきている。したがって、ガラスセラミック多層基板に対する要求も基板自身の物性のみでなく、高密度な搭載に対応することができるよう基板の寸法や形状等についても精密な制御技術が必要となってきている。

【0006】このようなガラスセラミック多層基板の寸法等の制御を行う方法として、特表平5-503498号公報には、ガラスセラミックグリーンシートの積層体の表裏両面にセラミックからなる剥離層を配置し、表裏両面から加圧しながら焼成した後、剥離層を除去する方法が開示されている。前記公報においては、焼結にともなう平面収縮が低減できることが記載されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特表平5-503498号公報に開示される方法では、ガラスセラミックグリーンシートの積層体にキャビティ部が形成されている場合、積層体両面に重なるセラミックの剥離層を介して加圧するとき、キャビティ部の空隙により圧力が伝達されないため、キャビティ部周辺が焼成時に変形を起こし、回路基板として実用不可能なものとなる恐れがあった。

【0008】そこで、特開平8-245268号公報においては、キャビティ部を有するガラスセラミック積層体の焼結方法が開示されている。この方法では、キャビティ部内にガラスセラミック積層体よりも焼結温度の高い無機成分からなる成形体層を形成し、その直上部分にキャビティ部と同一体積のガラスセラミック成形体を配置することにより、キャビティ部とキャビティ部以外の部分とを同じ体積比の積層構造にすることで、ガラスセラミックグリーンシート全体の焼成時の収縮挙動を均一にしている。

【0009】しかしながら、一般にガラスセラミック積層体には複数のキャビティ部が形成されており、このキャビティ部内に正確に無機成分からなる成形体を形成し、さらにこのキャビティ部直上の正しい位置にガラスセラミック成形層を配置するのは複雑な工程である。このため、特開平8-245268号公報に開示される方法では、製造工数が増大し、生産性が低下するという

問題があった。

【0010】本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、キャビティ部を有するガラスセラミックス積層体の焼結時にキャビティ部周辺の変形を防ぎ、かつ製造工数を低減し、生産性を向上することができるガラスセラミックス多層基板の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1記載のガラスセラミックス多層基板の製造方法によると、ガラスセラミックスのグリーンシート積層体のキャビティ部にガラスセラミックスよりも焼結温度の高い無機成分を主として含有するペーストを充填する工程と、グリーンシート積層体の上下両面にガラスセラミックスよりも焼結温度の高い無機成分を主として含有する成形体を配置する工程と、グリーンシート積層体の上下両面にこの成形体を配置した後、グリーンシート積層体の上下面に圧力を負荷しながら焼成を行なう工程とを含む。

【0012】本発明によるガラスセラミックス多層基板の製造方法においては、ガラスセラミックスの原料となるガラス粉末や骨材となるセラミックス粉末をボールミルに投入し、さらに粉碎用のボールと共に湿式媒を添加し、適当な粒径になるように湿式混合粉碎を行うことにより、ガラスセラミックスの原料粉末が得られる。この後、前記の湿式媒を除去し、得られた原料粉末にバインダ、分散剤、可塑剤、有機溶媒等を添加して湿式混合を行い、スラリーを調製する。次に、このスラリーを用いてドクターブレード法等によりガラスセラミックスグリーンシートを作製する。その後、必要によりビアホール等を形成し、前記のガラスセラミックスグリーンシート30に配線用の導体ペーストを印刷し、ビアホール部分に導体ペーストを充填する。これらの工程により作製された種々のガラスセラミックスグリーンシートを積層してグリーンシート積層体を形成することができる。

【0013】ガラスセラミックスグリーンシートは、前記のガラスセラミックスの原料粉末、有機溶媒、可塑剤およびバインダ等から構成される。ガラスセラミックスの原料粉末は、ホウ珪酸系ガラス、 $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス、 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス等の粉末と $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等の骨材の粉末を混合した40ものであり、有機溶媒としては、例えばトルエン、キシレン、アルコール類等が挙げられ、可塑剤としては、例えばジブチルフタレート、ジオキシルフタレート等が挙げられ、バインダとしては、例えばアクリル樹脂、ブチラール樹脂等が挙げられる。これらの混合割合は、ガラスセラミックスの原料粉末100重量部に対し、有機溶媒が20～80重量部、可塑剤が1～5重量部、バインダが5～20重量部が好ましい。ガラスセラミックスグリーンシート上に導体含有層を形成する場合、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ag-Pd}$ 等が導体材料として用いられる。50

【0014】グリーンシート積層体のキャビティ部内部に充填するガラスセラミックスの焼結温度では焼結しない無機成分（以下、「ガラスセラミックスの焼結温度では焼結しない無機成分」を難焼結性無機成分という）を主成分とするペーストは、例えば通常の印刷工程により、任意のキャビティの位置に容易に充填することができる。前記のペーストは、難焼結性無機成分の粉末、有機溶媒、バインダ等から構成される。

【0015】難焼結性無機成分としては、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BeO}$ 、 $\text{BN}$ 、 $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ 等が挙げられる。有機溶媒としては、例えばトルエン、キシレン、アルコール類等が挙げられ、バインダとしては、例えばエチルセルローズ樹脂、ニトロセルローズ樹脂等が挙げられる。これらの混合割合は、難焼結性無機成分の粉末100重量部に対し、有機溶媒が20～80重量部、バインダが5～20重量部が好ましい。

【0016】ガラスセラミックスのグリーンシート積層体の上下両面に難焼結性無機成分を主成分とする成形体を配置して、加圧しながら焼成することにより、グリーンシート積層体の平面方向にほとんど収縮しない、寸法精度の良い焼結体を得られる。このとき、キャビティ部内部に充填するペーストの難焼結性無機成分の固形分比率をガラスセラミックス積層体の厚み方向の収縮率に適合するように成分設計することにより、キャビティ部とキャビティ部以外の部分との焼成後における厚みがほぼ同一となるように制御することができる。

【0017】前記のペーストの固形分比率をコントロールすることにより、焼成時にキャビティ部を含むガラスセラミックス積層体の全面において、均一な加圧力の負荷が可能となるため、難焼結性無機粉末層によるガラスセラミックス積層体の表面に対する拘束作用がキャビティ内部にも働き、ガラスセラミックス積層体全体において、均一な焼結反応が進行すると考えられる。

【0018】この結果、キャビティ部周辺の変形やキャビティ部底部のクラックの発生を防止することができ、焼結状態および形状の安定したキャビティ部を有する良好な回路基板を得ることができる。さらに、簡便な工程により寸法精度のよい回路基板を製造することができるので、製造工数を低減し、生産性を向上することができる。

【0019】焼成後、キャビティ部に充填されている難焼結性無機粉末は、例えば、微細なガラス粉末を用いる一般のショットブラスト処理により、簡便に除去可能である。キャビティ部に充填されている難焼結性無機粉末のショットブラストによる除去性能を上げるためには、難焼結性無機粉末の粒径をガラスセラミックスの原料粉末の平均粒径の1/10以上の大きさであることが望ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の複数の実施例を図面に基づいて説明する。

(第1実施例) 本発明を $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラスを用いたガラスセラミックス多層基板に適用した第1実施例について説明する。

【0021】まず、ガラスセラミックスのグリーンシート積層体の作製方法について述べる。ここで、ガラスセラミックスの原料粉末は、 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$ 系のガラス粉末60wt%と $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末40wt%とを混合した粉体状のセラミックスであり、平均粒径は約 $3.5\mu\text{m}$ である。

① ガラスセラミックス粉体にジオキシルフタレート of 可塑剤と、アクリル樹脂のバインダと、例えばトルエン、キシレン、アルコール類等の溶剤とを加え、十分に混練して粘度 $2000\sim4000\text{cps}$ のスラリーを作製し、ドクターブレード法によって $0.3\text{mm}$ 厚の4枚のガラスセラミックスグリーンシートを形成する。

【0022】② 打ち抜き型やパンチングマシン等を用いて、ガラスセラミックスグリーンシートを所望の形状に加工し、また、複数の所定位置に例えば $0.3\text{mm}\phi$ のビアホールを打ち抜き形成し、各ビアホールに $\text{Ag}$ 系導体材料を充填する。また、ガラスセラミックスグリーンシートの表面あるいは裏面に内部配線用の $\text{Ag}$ 、 $\text{Ag-Pd}$ 、 $\text{Ag-Pt}$ 、 $\text{Ag-Pd-Pt}$ 、 $\text{Cu}$ 等の導体ペーストをスクリーン印刷する。

【0023】③ それぞれのガラスセラミックスグリーンシートを積層して得られたガラスセラミックスのグリーンシート積層体を $110^\circ\text{C}$ 、 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ の条件で熱圧着して一体化する。

上記の①～③により、図2に示すガラスセラミックスの30グリーンシート積層体1が得られる。図2において、グリーンシート積層体1はガラスセラミックスグリーンシート1aの積層体であり、キャビティ部2を有している。グリーンシート積層体1の外形寸法は $100\times150\text{mm}$ 角、キャビティ部2の寸法は $L_1=5\text{mm}$ の $5\times5\text{mm}$ 角であり、グリーンシート積層体1は30個のキャビティ部2を有している。

【0024】次に、上記の①～③で作製されたグリーンシート積層体1の焼結方法について説明する。

④ 平均粒径が約 $0.3\mu\text{m}$ の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末にエチルセルロース樹脂をアルコール類で溶解したビヒクルを加え、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末の固形分比率が69%となる $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末を含有するペーストを作製する。ここで、固形分比率が69%となる $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末を含有するペーストは、特許請求の範囲に記載された「ガラスセラミックスよりも焼結温度の高い無機成分を主として含有するペースト」に相当する。

【0025】⑤ グリーンシート積層体1のキャビティ部2に $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末を含有するペーストをスクリーン印刷法等により充填し、乾燥させ、図3に示すように、50

充填層3を形成する。

⑥ 予め、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末に有機溶媒、アクリルバインダ、可塑剤、分散剤を添加し、ボールミルにて混合してスラリーとし、このスラリーを用いてドクターブレード法により $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシートを形成しておき、図1に示すように、グリーンシート積層体1の上下両面に $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシート4および5を配置する。ここで、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシート4および5は、特許請求の範囲に記載された「ガラスセラミックスよりも焼結温度の高い無機成分を主として含有する成形体」に相当する。

【0026】⑦ 図1に示すように、グリーンシート積層体1の上下両面に $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシート4および5を配置した後、グリーンシート積層体1の上下面に $5\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力を負荷しながらグリーンシート積層体1、充填層3、ならびに $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシート4および5を電気式連続ベルト炉を使用して、空气中で $900^\circ\text{C}$ 、20分の保持条件で焼成する。なお、導体ペーストが $\text{Cu}$ の場合は還元または中性雰囲気中で焼成する。

【0027】⑧ 焼成後、ガラスセラミックス積層体のキャビティ部および表面の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末をガラスビーズのブラスト処理等により除去する。第1実施例においては、ガラスセラミックスのグリーンシート積層体1のキャビティ部2の内部に難焼結性の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末を主として含有するペーストを充填し乾燥させ充填層3を形成する工程と、グリーンシート積層体1の上下両面に難焼結性の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末を主として含有する $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシート4および5を配置する工程と、グリーンシート積層体1の上下両面に $\text{Al}_2\text{O}_3$ グリーンシート4および5を配置した後、グリーンシート積層体1の上下面に圧力を負荷しながら焼成を行なう工程とを含んでいる。このため、キャビティ部2の内部に充填する $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末を含有するペーストの固形分比率をコントロールすることにより、焼成時にキャビティ部を含むガラスセラミックス積層体の全面において、均一な加圧力の負荷が可能となる。したがって、均一な焼結反応が進行し、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末除去後のキャビティ部周辺の変形、割れを抑制することができ、キャビティ部底部は十分に平坦となり、焼結時の水平方向の収縮を抑制することができ、良好な回路基板を得ることができる。さらに、簡便な工程により寸法精度のよい回路基板を製造することができるので、製造工数を低減し、生産性を向上することができる。

【0028】(変形例) 第1実施例においては、キャビティ部2が一段である場合を示したが、何らこれに限定されるものではなく、変形例では、図4に示すように、キャビティ部2が複数段形成されている場合であっても、第1実施例と同様に焼結させることができる。図4には、第1実施例と実質的に同一構成部分に同一符号を付す。ここで、キャビティ部2の寸法は $L_1=7\text{mm}$ の

7  
7×7mm角、およびL<sub>1</sub>=5mmの5×5mm角であり、グリーンシート積層体1は30個の二段のキャビティ部2を有している。

【0029】(第2実施例) 本発明の第2実施例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法について説明する。第2実施例では、第1実施例と同一構成のCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系ガラスを用いたガラスセラミックス多層基板に本発明を適用し、第1実施例の④の工程で作製した固形分比率が69%となるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を含有するペーストには、平均粒径が約1.0μmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を用いた。その他の工程は、第1実施例の①～③の工程、および第1実施例の⑤～⑧の工程と同様である。

【0030】第2実施例では、焼成後、ガラスセラミックス積層体のキャビティ部のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末をガラスビーズのブラスト処理により除去する工程において、第1実施例と同一のブラスト条件で、第1実施例の1/2倍以下の時間で処理することができる。第2実施例においては、ガラスセラミックスのグリーンシート積層体のキャビティ部内部に充填する難焼結性のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末の20粒径がガラスセラミックスの原料粉末の平均粒径の1/10以上の大きさである。このため、焼成後、キャビティ部に充填されているAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末は、微細なガラス粉末を用いる一般のショットブラスト処理により、簡便に短時間で除去可能である。したがって、寸法精度のよい回路基板をさらに簡便に短時間で製造することができるので、製造工数をさらに低減し、生産性をさらに向上することができる。

【0031】(比較例) 比較例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法を図5を用いて説明する。第1実施例と実質的に同一構成部分には同一符号を付す。第1実施例で用いたのと同じCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系ガラスを用いたガラスセラミックスのグリーンシート1aによりキャビティ部2を有するグリーンシート積層体1を作製した。グリーンシート積層体1の上下面には、難焼結性のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を主として含有するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>グリーンシート4および5を配置し、キャビティ部2に難焼結性のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を主として含有するペーストを充填することなく、後は第1実施例と同一の焼成方法、条件で焼成した後、第1実施例と同一の方法で40表面のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を除去した。その結果得られたガラスセラミックスの焼結体は、キャビティ部底部に割れが生じており、実用不可能な焼結体となっていた。

【0032】以上説明したように、本発明のガラスセラミックス多層基板の製造方法によれば、ガラスセラミックスのグリーンシート積層体のキャビティ部内部に難\*

\* 結性無機成分を主として含有するペーストを充填する工程と、グリーンシート積層体の上下両面に難焼結性無機成分を主として含有する成形体を配置する工程と、グリーンシート積層体の上下両面にこの成形体を配置した後、グリーンシート積層体の上下面に圧力を負荷しながら焼成を行なう工程とを含んでいる。このため、ペーストの固形分比率をコントロールすることにより、焼成時にキャビティ部を含むガラスセラミックス積層体の全面において、均一な加圧力の負荷が可能となり、キャビティ部底部の平坦性、ならびにキャビティ部周辺の変形および割れを抑制し、焼結中の水平方向の収縮を抑制することができるので、緻密に焼結させることができる。したがって、焼結状態および形状の安定したキャビティ部を有する良好な回路基板を得ることができる。さらに、簡便な工程により寸法精度のよい回路基板を製造することができるので、製造工数を低減し、生産性を向上することができる。さらにまた、キャビティ部内部に充填する難焼結性無機成分を主として含有するペーストの難焼結性無機粉末の粒径をガラスセラミックスの原料粉末の平均粒径の1/10以上の大ききとすることにより、焼成後、キャビティ部に充填されている難焼結性無機粉末は、微細なガラス粉末を用いる一般のショットブラスト処理により、簡便に短時間で除去可能である。したがって、寸法精度のよい回路基板をさらに簡便に短時間で製造することができるので、製造工数をさらに低減し、生産性をさらに向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法を説明するための模式的断面図である。

【図2】 本発明の第1実施例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法を説明するための模式的断面図である。

【図3】 本発明の第1実施例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法を説明するための模式的断面図である。

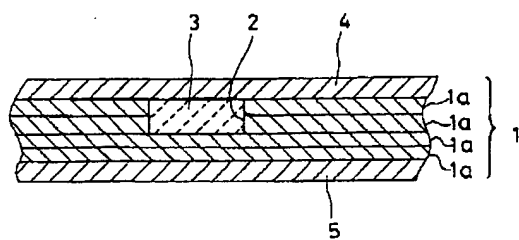
【図4】 本発明の変形例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法を説明するための模式的断面図である。

【図5】 比較例によるガラスセラミックス多層基板の製造方法を説明するための模式的断面図である。

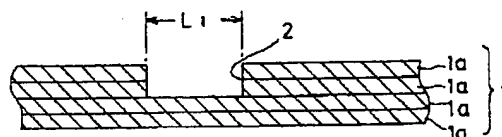
#### 【符号の説明】

- 1    グリーンシート積層体
- 1a   グリーンシート
- 2    キャビティ部
- 3    充填層
- 4、5   Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>グリーンシート

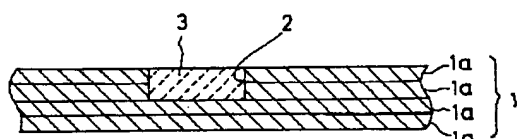
【図 1】



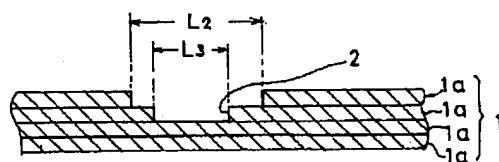
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

